

Zdravko Faj

Pedagoški fakultet, Osijek

## BILJEŠKE STJEPANA GRADIĆA O NEKIM PITANJIMA IZ FIZIKE

Stjepan Gradić (1613 – 1683) je sudjelovao u nekim važnim raspravama pred-njutnovskog doba.<sup>1</sup> Prvi objavljeni rad<sup>2</sup> ima za osnovu Aristotelovu filozofiju i od-raz je Gradićeva školovanja. Za napredak u smislu prihvaćanja novih ideja bili su važni neposredni kontakti s tada najpoznatijim matematičarima i prirodoslovci-ma M. A. Riccijem, V. Vivianijem, A. Borellijem, H. Fabrijem i drugima. Gradićeva originalnost došla je do izražaja u raspravama koje je vodio u znanstvenom krugu švedske kraljice Kristine. Rasprave i korespondencija sačuvane su u rukopisu,<sup>3</sup> a dio je i objavljen.<sup>4</sup>

Do kraja 16. stoljeća već je bilo mnogo kritika Aristotelove peripatetičke filo-zofije, ali te su kritike negirale samo pojedine dijelove njegove prirodne filozofije. G. Galilei je nadvisio sve dotadašnje kritičare i prihvatio gotovo sve kritike pre-thodnika i na njima gradio dalje. Od Benedettija je preuzeo Buridanovu teoriju impetusa i gledišta da je slobodan pad posljedica sve više utisnutog impetusa. U tumačenju jednoliko ubrzanog gibanja preuzeo je grafičku interpretaciju koja je bila poznata još u Merton Collegeu. Galileievo shvaćanje gibanja, u kojem je još uvijek dominirao impetus, iz čega se kasnije razvio zakon ustrajnosti, bilo je pred-metom mnogih rasprava i poslije Galileia. Galilei je još zadržao shvaćanje da je ti-jelu svojstvena sklonost prema padu, što pokazuje da je Galilei pod utjecajem aris-totelovske teorije po kojoj tijela teže prema svom prirodnom mjestu. Tu sklonost Galilei nigdje i ne objašnjava jer razmatra samo kinematička svojstva gibanja. Uz-rocí slobodnog pada postoje, ali on o njima ne raspravlja jer ne želi uzimati u raz-matranje opskrone i neprihvatljive uzroke, nastojeći naći samo matematički izraz za zakone gibanja.<sup>5</sup>

Bez obzira na mnoge kritike Aristotelove prirodne filozofije, koje počinju s Philoponom, pa sve do Galileia i Newtona, korijeni te filozofije tako su duboki da se u školama još dugo vremena obrađivala isključivo Aristotelova filozofija. Ovu

<sup>1</sup> Usp. Žarko Dadić, »Stjepan Gradić o problemima gibanja«, *Matematički vesnik* 5 (20)/4 (1968), pp. 485 – 496; Zdravko Faj, *Kritičko istraživanje doprinosa Dubrovčanina Stjepana Gradića razvoju matematike i fizike u 17. stoljeću*, doktorska disertacija (Zagreb: PMF, 1978); Žarko Dadić (ur.), *Zbornik radova o dubrovačkom učenjaku Stjepanu Gradiću (1613–1683) u povodu 300. obljetnice smrti* (Zagreb: Hrvatsko prirodoslovno društvo, 1985); Stjepan Krasić, *Stjepan Gradić (1613–1683): Život i djelo* (Zagreb: JAZU, 1987).

<sup>2</sup> Stjepan Gradić, *Peripateticae philosophiae pronuntiata disputationibus proposita*, s. 1. et a.

<sup>3</sup> *Quaedam meditationes geometricae diversis temporibus a me Stephano Gradio factae*, Cod. Vat. lat. 6921.

<sup>4</sup> Stjepan Gradić, *Dissertationes physico-mathematicae quatuor* (Amstelodami, 1680).

<sup>5</sup> Žarko Dadić, *Razvoj matematike: Ideje i metode egzaktnih znanosti u njihovu povijesnu razvoju* (Zagreb: Školska knjiga, 1975), pp. 138 – 140.

tvrdnju vrlo dobro ilustrira već spomenuti prvi Gradićev tiskani rad u kojemu on obrađuje Aristotelovu prirodnu filozofiju a da ni na jednom mjestu ne spominje kritičare te filozofije. Tako na str. 23 iznosi Aristotelove poglede na gibanja. Uzrok »prirodnog« gibanja su elementi koji teže prema svom prirodnom mjestu. Zemlja kao najteža prema dolje, dok vatra kao najlakša sve nadvisuje i teži prema gore. Voda i zrak zauzimaju mjesto u sredini, i to zrak kao lakši iznad vode. Elementi na svom prirodnom mjestu nisu ni laki ni teški.<sup>6</sup> Pri prirodnom gibanju tijela se gibaju sve većom brzinom jer sredstvo sve više pomaže i manje se opire itd. Ovaj insert pokazuje da u tom radu Gradić samo prepričava Aristotela. On referira što je o pojedinom pitanju tvrdio Aristotel, a da pritom uopće ne poznaje i neka drugačija mišljenja. U izlaganju pojedine probleme daje samo sumarno, a kad se radi o gibanjima, uglavnom se zadržava na ontologijskoj podjeli gibanja i na iznošenju nekih Aristotelovih tvrdnji, uglavnom bez ikakvog polemiziranja. Taj njegov rad je sasvim repetitorskog karaktera. Njime se vjerojatno, kao što je u to vrijeme bio običaj, nastojao odužiti Dubrovniku za dobivenu stipendiju. Ali, s obzirom na probleme o kojima raspravljamo, taj rad odlično pokazuje što je Gradić u to vrijeme, tj. oko 1634. godine, učio iz »prirodne filozofije«, odnosno pokazuje od čega je Gradić pošao u svojim daljim istraživanjima na tom području. Jednako tako taj rad pokazuje i njegovu sklonost i interes za probleme iz prirodnih znanosti, ali i to da je nove spoznaje iz tog područja stekao tek poslije završenog školovanja.

Na osnovi svega toga možemo ocijeniti velik napredak koji je postigao u narednom razdoblju. Pored objavljenih disertacija i rukopisa<sup>7</sup> u tom je smislu vrlo interesantno i njegovo djelo u kojem raspravlja s H. Fabrijem o probabilizmu.<sup>8</sup> Tako, ako se radi o istini (str. 80–81), onda ona ne proizlazi iz »sebe same«, nego iz usporedbe i prema nečem drugom što se može opažati. Težina tijela također nije nešto samo po sebi, nego se mjeri prema sredstvu koje tijelo okružuje. Prema tome, isto tijelo može biti i lako i teško, kao npr. drvo koje pliva u vodi, a teško je kad se nalazi u zraku. Stoga »momentum gravitatis« i nije ništa drugo nego pretičak kojim tijelo premašuje težinu tekućine u koju je uronjeno. Međutim, ističe Gradić, onoliko za koliko se težina tijela smanji, upravo toliko tekućina u koju je tijelo uronjeno dobije na težini, i obratno. To je ista pojava koju opažamo kad trgovac važe robu: pri uspostavljanju ravnoteže posve je svejedno da li se na jednu zdjelu vage doda ili pak isto toliko na drugoj strani oduzme. Time Gradić pokušava dokazati da je pri donošenju zaključka potrebno početi od opažanja i usporedbe, a ne od apsolutne istine koja se nalazi u samom objektu. To je, ustvari, kritika Aristotelova shvaćanja da u svim znanstvenim područjima postoje sudovi koji obzračuju nose »sami u sebi« zbog svoje očiglednosti. U ovom primjeru Gradić se služi, slično kao i na mnogim drugim mjestima u raspravi s H. Fabrijem, upravo onim primjerima iz fizike i matematike o kojima je i inače raspravljao s Fabrijem.<sup>9</sup> Iz primjera se vidi da Gradić ne prihvaća Aristotelove pojmove apsolutne te-

<sup>6</sup> Gradić, *Peripateticae philosophiae*, n. 75, p. 23: »... in proprijs locis neque gravitant, neque levitant.«

<sup>7</sup> Vidi bilješke 3 i 4.

<sup>8</sup> Stjepan Gradić, *Disputatio de opinione probabili cum P. Honorato Fabri Societatis Iesu theologo* (Romae, 1678). Na vrijednost ovoga rada, budući da je Gradić u vrijeme njegova nastanka već stajao na pozicijama Galilejeve nauke, upozorio je već Mladen Dadić, »Rani filozofijski rad Stjepana Gradića«, *Dubrovnik* 12/2 (1970), p. 92.

<sup>9</sup> U vezi s raspravom s H. Fabrijem o probabilizmu interesantno je jedno Fabrijevo pismo Gradiću koje se nalazi među Gradićevim rukopisima u Vatikanskoj biblioteci, Cod. Vat. lat. 6903, f. 232.

žine i lakoće, nego shvaćanje da su sva tijela teška i da svako tijelo može biti ili lakše ili teže od sredstva u koje je uronjeno. U tom smislu Gradić se oslanja na Benedettija, koji je zamijenio Aristotelove kvalitete Arhimedovim kvantitetama. Jednako tako oslanja se i na Galileia, koji je već i u svojim prvim radovima osporavao da tijelo posjeduju prirodno im svojstvo lakoće<sup>10</sup>, nego su sva teška, a da li se gibaju prema gore ili prema dolje ovisi o njihovoj specifičnoj težini u odnosu na sredstvo kojim su okružena. Na taj način Gradić u prvi plan postavlja mjerenje koje je temelj kvantitativnih promjena i koje postaje načelo u istraživanju prirode.

O gibanjima i o slobodnom padu tijela Gradić raspravlja u drugoj disertaciji.<sup>11</sup> Polazi od Galileiovih rezultata koje nastoji samo još više razjasniti i precizirati. Želi egzaktnije dokazati da je put kod jednoliko ubrzanog gibanja (slobodnog pada) jednak površini tzv. Galileieva trokuta. Galileiev dokaz zasniva se na predodžbi da je kontinuum sastavljen od nedjeljivih dijelova (indivizibila). Tako je za Galileia površina sastavljena od crta, crta od točaka. Gradić smatra da takav dokaz nije dovoljno egzaktan, te traži način da problem riješi tako da se u dokazivanju ne mora oslanjati na postavke u koje sumnja. Dobro je poznao Galileieva shvaćanja o uzrocima slobodnog pada. Znao je da Galilei priznaje da uzrok postoji, te da je tijelu svojstvena sklonost prema padu, ali i to da sve te i druge fantazije, po mišljenju Galileia, nije ni vrijedno ispitivati. Da je Gradić ipak i samostalno razmišljao o tim problemima i da su oni zaokupljali njegovu pažnju zaključujemo iz njegovih rukopisa. Tako u jednom rukopisu<sup>12</sup> nalazimo čak osam različitih mišljenja o tome zašto se brzina tijela koje slobodno pada povećava. Vrlo je vjerojatno da se pri pisanju tog rukopisa služio nekom od rasprava u kojoj se razmatra isti problem ili je to možda samo izvod iz nekog rada.<sup>13</sup> Uz svako mišljenje izloženi su i prigovori kojima se izneseno mišljenje pobija. U tih osam mišljenja nalazimo uglavnom već poznata mišljenja. Tijelo otklonjeno iz svog prirodnog mjesta dobiva sposobnost otpora gibanju koja se pri gibanju prema dolje pomalo umanjuje i na taj se način tijelo giba sve brže. Ova je tvrdnja slična onoj koju nalazimo već kod Philopona, a razrađena je u radovima učenjaka srednjovjekovnog Istoka. Kad bacimo npr. kamen uvis, u njega se utiskuje »vis impressa«, koja nije ustrajna, nego se njeno djelovanje smanjuje, tj. brzina tijela je sve manja dok na kraju kamen zbog svoje težine ne počne padati prema dolje, i to prvo polaganije jer još uvijek djeluje »utisnuta sila«. Jednako tako i na kamen koji počinje padati iz mirnog položaja djeluje u početku ona ista sila koja ga je držala, te tako na početku tijelo pada manjom brzinom. Kako se ta sposobnost smanjuje, brzina tijela se povećava. Jedno je od mišljenja da je uzrok »životna snaga«,<sup>14</sup> a zatim i tvrdnja da »prirodno mjesto« privlači tijelo kao magnet željezo i to tako da što je tijelo bliže, privlačenje je jače, a time je i brzina kojom se tijelo giba sve veća. Ovo posljednje pobija se time što se ističe da bi u tom slučaju sva tijela koja su jednako udaljena od zemlje morala padati jednako, pa čak i bez obzira na to što je neko tijelo počelo padati ra-

<sup>10</sup> Mario Gliozzi, *Istorija fiziki* (Moskva, 1970), p. 68.

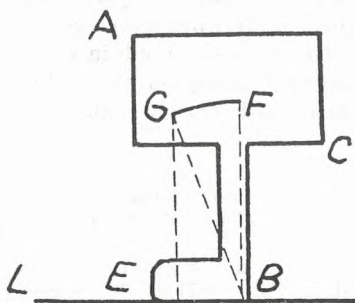
<sup>11</sup> Gradić, »De causa naturali motus accelerati et aequalibus ejus in descensu corporum gravium ad aequalia momenta temporum incrementis«, u Gradić, *Dissertationes physico-mathematicae quatuor*, pp. 22–38.

<sup>12</sup> Rukopis pod naslovom »Ex P. Ponce in Physica« iza kojega je dometnuto »Quares unde oriatur quod motus gravium sit velocior in fine«, Cod. Vat. lat. 6921, ff. 295r–296r.

<sup>13</sup> Tako je, primjerice, A. Saxony izložio i odbacio šest mišljenja, a zatim izložio svoju teoriju impetusa koju primjenjuje na slobodni pad tijela. Vidi Ašot T. Grigorjan, *Mehanika ot antičnosti do naših dneja* (Moskva: Nauka, 1971), p. 77.

<sup>14</sup> To je u skladu s Platonovim pojmom »svjetske duše«, a slično je i za renesansne filozofe priroda bila obdarena životom i dušom.

nije iz nekog višeg položaja, a to nije u skladu s opažanjima. Ako su dva tijela u nekom trenutku u istoj točki, ono koje je počelo padati iz višeg položaja uvijek padne prije, dakle, giba se brže. Ovo je mišljenje slično onome koje već u 13. stoljeću zastupa R. Bacon. Dapače, čak se istim argumentima pobija mogućnost da »prirodno mjesto« djeluje na tijelo kao magnet na željezo. Slično se pobija i mišljenje prema kojem se zrak u blizini »prirodnog mjesta« manje opire gibanju tijela, te je zbog toga gibanje sve brže. U ovih nekoliko mišljenja glavni je uzrok povećanja brzine gibanja izražen odnosom tijela prema »prirodnom mjestu«. U ostalim mišljenjima glavni je uzrok, pored težine tijela, neki impuls koji se javlja u toku samog gibanja. Naime, u toku gibanja tijelo akumulira »impetus« koji se pridodaje težini i koji je uzrok sve veće brzine. Međutim, i ovo se mišljenje može pobiti, te se konačno zaključuje da nijedno mišljenje nije bez nedostataka. Ali, ako je potrebno da se između njih odluči za jedno, onda je to ono po kojem pri gibanju tijelo akumulira impetus, tako da su prirasti impetusa, a time i brzine u jednakim vremenskim intervalima jednaki. Ovaj rukopis pokazuje da je i Gradić bio uvjeren, slično kao i Galilei, da je teško naći mišljenje koje u potpunosti zadovoljava i na koje nema prigovora. Ono što mu je bitno Gradić ističe u već spomenutoj drugoj disertaciji: iako nije moguće dati zadovoljavajuće tumačenje uzroka slobodnog pada, može se utvrditi da taj uzrok uvijek stvara jednake priraste brzine.<sup>15</sup> Stoga se Gradić i opredjeljuje za »teoriju impetusa«, koja u ovom slučaju najbolje odgovara i slaže se s opažanjima koja je već ranije pokusom u potpunosti potvrdio G. Galilei. Sličnu primjenu iste teorije u objašnjavanju slobodnog pada nalazimo i kod R. Descartesa. Naime, u jednoj raspravi s I. Beeckmannom Descartes se služi Galileievim trokutom. Prema Descartesu tijelo pada sve brže jer mu se u svakom trenutku pridodaje novi impetus, koji se utiskuje zbog težine. Očito je da ovdje Descartes koristi skolastičku doktrinu akumulacije impetusa. Međutim, pojam impetusa održao se i kasnije. O tome svjedoči i jedno pismo A. Borellija upućeno S. Gradiću 3. siječnja 1663. godine, koje je sačuvano u Gradićevu rukopisu.<sup>16</sup> Iz pisma se vidi da je ono rezultat prethodnih rasprava o nastanku i djelovanju impetusa na gibanje. Borelli i Gradić tražili su pokus kojim bi pokazali da uslijed gibanja, odnosno kao posljedica gibanja, nastaje impetus, a da uslijed impetusa koji tijelo primi može nastaviti gibanje u određenom smjeru. U navednom pismu Borelli predlaže pokus s modelom na horizontalnoj zaleđenoj (glatkoj) površini. Model (čovjeka) AB u stabilnom je položaju jer omica iz težišta F pada na površinu oslonca (zadnji dio stopala) B. (Vidi sliku 1). Ako se izvrši nagli pokret za luk FG, kojem je polum-



Sl. 1. Crtež modela iz pisma Alfonsa Borellija Stjepanu Gradiću 3. I. 1663.

<sup>15</sup> Gradić, »De causa naturali motus accelerati . . .«, pp. 22 – 23.

<sup>16</sup> Usp. Cod. Vat. lat. 6921, ff. 246r – 247r.

jer FB, te ako okomica GE pada na površinu stopala E i ako se model (čovjek) zadrži u tom položaju snagom mišića donjeg dijela noge (što se događa npr. ako zašepne nogom za neku prepreku), tada čovjek ne pada. No pri tom pokretu za luk FG u tijelo se utiskuje impetus, te ako je tijelo (stopalo) na glatkoj površini, zbog utisnutog impetusa potiskuje se od B prema L. Da bi se djelovanje impetusa učinilo vidljivijim, Borelli predlaže da se čaša AC napuni vodom, koja se u pokusu zbog djelovanja utisnutog impetusa prelijeva od A prema L. Dakle, zaključuje A. Borelli, ako se pokret zbog snage mišića ne nastavlja preko G, tada se zbog utisnutog impetusa cijeli mehanizam potiskuje prema L, a kako to gibanje zbog glatke površine nije spriječeno, cijeli mehanizam se giba prema L. Ovo Borellijevo pismo upućuje na nekoliko zaključaka.<sup>17</sup> Pitanje impetusa još i u drugoj polovini 17. stoljeća pobuđuje interes i velikih fizičara kao što je bio A. Borelli, koji zajedno sa S. Gradićem traži i eksperimentalnu potvrdu nastanka i djelovanja impetusa. Iz njihovih razmatranja može se uočiti da impetus nastaje djelovanjem neke sile u nekom intervalu vremena, dakle impulsa sile, a da tijelo nakon tog djelovanja ima sposobnost da nastavi započeto gibanje. Dakle, na neki način, iako se to jasno ne izražava, taj utisnuti impetus nije ništa drugo nego količina gibanja. Upravo zbog toga da bi se u pokusu mogla jasno uočiti posljedica impulsa sile, bilo je potrebno da se model postavi na glatku horizontalnu površinu.

Pitanje impetusa bilo je Gradiću, a i Borelliju interesantno i zbog rješenja važnog pitanja u vezi s upravljanjem broda kormilom. U vezi s tim već je Ž. Dadić<sup>18</sup> utvrdio da su u teorijskom tumačenju pojave impetusa Gradić i Borelli bili vrlo blizu. Da je Gradić u toj raspravi s Borellijem imao istaknuto mjesto može se zaključiti iz završetka Borellijeva pisma<sup>19</sup> u kojem ga Borelli moli da se ova njegova razmišljanja pridruže Gradićevim stručnim raspravama o istom pitanju. Može se primijetiti da je Gradić problem gibanja nastojao obuhvatiti u cjelini. Istom teorijom je nastojao obuhvatiti pitanja koja se javljaju u vezi sa slobodnim padom, što rješava u drugoj disertaciji, a i problem upravljanja broda kormilom, što rješava u prvoj disertaciji. Teorija impetusa morala se na isti način odnositi i na jedno i na drugo. Naime, Gradić ne pravi razliku između impetusa kod projiciranog gibanja (ruka-kamen), slobodnog pada (zbog težine) i impetusa koji se utiskuje u brod s kormilom. Ako se prati vrijeme nastanka tih disertacija, iz rukopisa se može zaključiti da je Gradić prvo riješio pitanje slobodnog pada, a zatim nešto kasnije i problem upravljanja broda kormilom.<sup>20</sup>

U tumačenju slobodnog pada vrlo važnu ulogu ima težina tijela. Da je težina tijela uzrok slobodnog pada ne sumnja ni Galilei, a ni Gradić. Slično mišljenje nalazimo već i kod Buridana koji smatra da težina tijela djeluje neprekidno i da do povećanja brzine dolazi zbog toga što težina tijela unosi u tijelo sve više i više impetusa. Koliko je ipak, još i u to vrijeme, u odnosu na težinu bilo nejasnoća, potvrđuje pismo nekog Ruila Ewoudta Gradiću iz 1682. godine. Naime, u pismu, uz puno pohvala za objavljene disertacije, autor postavlja pitanje zašto problem slo-

<sup>17</sup> Uz ostalo, pismo pokazuje da je u to vrijeme A. Borelli već stvarao »jatromehaniku«. Borelli je u radovima iz tog područja, objavljenima 1679. i 1680. godine, udario temelje učenja u kojem je nastojao fiziološke pojave objasniti zakonima mehanike, a jednako tako prikazati i zakone gibanja živih bića.

<sup>18</sup> Žarko Dadić, »Gradić's treatise on the direction of a boat with a rudder«, *Proceedings, Section B, The Royal Society of Edinburgh* 73 (1972), p. 73.

<sup>19</sup> Cod. Vat. lat. 6921, f. 247r.

<sup>20</sup> Druga je disertacija bila dovršena do kraja 1660. godine, dok prva u cjelini nije bila dovršena prije 1667. godine.

bodnog pada Gradić nije riješio uz pretpostavku da se tijelu koje pada povećava težina.<sup>21</sup> Slično mišljenje nalazimo i ranije, npr. kod Torricellija u njegovim *Lezioni accademiche*. Kad bi težina pri padu tijela uvijek bila stalna, zaključuje Torricelli, tada bi i brzina bila uvijek stalna i nepromjenljiva. Ovaj Torricelijev stav, koji je u skladu s Aristotelovim stavom da je za svako gibanje, pa i za jednoliko, potrebna sila, ne bi mogao dovesti do ispravnog tumačenja jednoliko ubrzanog gibanja, odnosno, kako je to utvrdio Ž. Dadić, do pravilnog objašnjenja jednakih prirasta brzine. U odgovoru R. Ewoudtu<sup>22</sup> Gradić ističe da je težina tijela uzrok slobodnog pada. Ona, slično kao i kod projiciranog gibanja ruka-kamen, pokreće tijelo, koje zatim ima sklonost da zadrži svoje gibanje. Međutim, dok se kod projiciranog gibanja uzrok odvaja od tijela koje se giba i zbog otpora gibanju tijelo se zaustavlja, dotle se kod slobodnog pada težina ne može odvojiti od tijela, ona je vezana uz tijelo, te i dalje djeluje. Zbog toga tijelo u svakom novom trenutku njezina djelovanja dobiva novi impetus. No, kako je gibanje, a i djelovanje težine neovisno o prethodnom gibanju, rezultat je da je gibanje sve brže i brže i da su prirasti brzina u jednakim vremenskim intervalima uvijek jednaki. Gradić nadalje odbija mogućnost da bi se tijelu pri padu povećavala težina.<sup>23</sup> Dapače, tvrdi Gradić, težina tijela nije veća u dolinama nego u brdima, jer je poznato da prema Arhimedovu zakonu svako tijelo gubi od svoje težine onoliko koliko je težak njime istisnuti zrak, a u visinama je zrak lakši. Prema tome, Gradić smatra da je uzrok uvijek isti i da zbog toga ista težina i proizvodi uvijek jednako povećanje impetusa, dakle, uvijek su jednaki i prirasti brzine. Takvo shvaćanje impetusa i akumulacije impetusa nalazimo u mnogim radovima, počevši od J. Buridana. Gradić tu akumulaciju impetusa izričito povezuje s djelovanjem stalne sile, tj. težine tijela, tako da djelovanje te stalne sile ne izaziva, kao što je tvrdio Aristotel a slično mislio i Torricelli, jednoliko gibanje, već jednoliko ubrzano. Da bi pokazao kako uzrok slobodnog pada nije samo težina, nego i impetus koji tijelo prima zbog težine tijela, odnosno sile, Gradić kao primjer navodi lagane pahuljice s kojima se igraju djeca, a koje se gibaju uvis. To sigurno nije, tvrdi Gradić, uzrokovano težinom koja uvijek djeluje prema dolje. Ovaj primjer, naveden u rukopisu,<sup>24</sup> a spomenut i u prvoj disertaciji,<sup>25</sup> kritizirao je G. W. Leibniz u jednom svom rukopisu.<sup>26</sup> Naime, Leibniz je mislio da se radi o kuglicama koje su teže od zraka i koje bi se, ako su bačene uvis, morale gibati sve manjom brzinom. To bi moglo biti samo, zaključuje Leibniz, ako je riječ o slobodnom padu. Ovaj podatak pokazuje da je i Leibniz još i poslije 1683. godine primjenjivao »teoriju impetusa« na slobodni pad. Bez sumnje, cjelokupni rad. S. Gradića u vezi s navednim pitanjima u okviru je tadašnjih shvaćanja i pokušaja da se opažanja usklade s teorijom.

<sup>21</sup> Pismo se nalazi u Gradićevu rukopisu *Quaedam meditationes geometricae*, Cod. Vat. lat. 6921, f. 128.

<sup>22</sup> *Ibid.*, ff. 128 – 130.

<sup>23</sup> *Ibid.*, f. 192.

<sup>24</sup> *Ibid.*, f. 128.

<sup>25</sup> Gradić, »De directione navis ope gubernaculi«, u Gradić, *Dissertationes physico-mathematicae quatuor*, p. 19.

<sup>26</sup> *Leibnizens nachgelassene Schriften physikalischen, mechanischen und technischen Inhalts*, hrsg. and mit erläuternden Anmerkungen versehen von Dr. Ernst Gerland (Leipzig, 1906), p. 211.

Zdravko Faj

## STJEPAN GRADIĆ'S MANUSCRIPT REMARKS ON SOME PHYSICAL PROBLEMS

*Summary*

Stjepan Gradić (1613–1683), custos and head of The Bibliotheca Apostolica Vaticana, took active part in debates on some significant physical problems of the pre-Newton era. His early study *Peripateticae philosophiae pronuntiata disputationibus proposita* (1634) vividly presents Gradić's determination to follow Aristotle's natural philosophy. On the contrary, in his later work *Disputatio de opinione probabili cum P. Honorato Fabri Soc. Iesu theologo* (1678) Gradić rejects Aristotle's notions of absolute gravity and lightness and insists on measurement. The progress Gradić accomplished in his understanding of physics in the years 1634 to 1678 the author has presented through several Gradić's manuscripts.

A note in Gradić's study *Quaedam meditationes geometricae*, Cod. Vat. lat. 6921, ff. 295r–296r, contains eight views and comments on increment of velocity in case of free fall as well as his acceptance of the theory of impetus. A letter from A. Borelli addressed to Stjepan Gradić on Sept 3 1663 in *Quaedam meditationes geometricae*, ff. 246r–247r, serves to prove that the impetus theory survived in scientific debates to come, where Borelli suggested an experiment with a human model laid on a horizontal icy surface in order to confirm the genesis and action of impetus. Obviously, Gradić and Borelli were quite close in their theoretical explanations of impetus. In his correspondance to Ruil Ewoudt in 1682, *Quaedam meditationes geometricae*, f. 128, Gradić denied the opinion that a free falling body increased its weight Gradić's attitude to weight not being the sole reason of free fall but impetus as well gained by a body due to gravity or force, became the object of Leibnitz's criticism. Therefore Gradić's approach to the theory of impetus in reference to other scientific studies in the second half of the 17<sup>th</sup> century, especially attempts to give theoretical meaning to numerous observations / free fall, steering of a boat with a rudder etc.)